

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENTAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 41 38 268 A 1**

⑤ Int. Cl. 8:
H 02 K 9/19
H 02 K 3/24

⑲ Aktenzeichen: P 41 38 268.4
⑳ Anmeldetag: 21. 11. 91
㉑ Offenlegungstag: 27. 5. 93

DE 41 38 268 A 1

⑦① Anmelder:
KSB Aktiengesellschaft, 6710 Frankenthal, DE

⑦② Erfinder:
Kochanowski, Wolfgang, 6531 Windesheim, DE;
Zarth, Peter, 6719 Altleinigen, DE

⑤⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE-PS	8 96 086
DE-PS	3 74 573
DE-PS	3 37 561
DE-AS	10 97 547
DE-AS	10 29 083
DE	30 13 150 A1
DE-OS	22 46 263
GB	6 90 539
US	24 97 650

⑤④ Elektromotor

⑤⑦ Gegenstand der Erfindung ist ein im Statorraum wasser-
gekühlter und im Rotorraum luftgekühlter Elektromotor. Die
in den Statornuten befindlichen Wicklungen werden direkt
vom Kühlwasser umspült. Das Statorblechpaket wird zum
Rotorraum hin begrenzt von druckfesten inneren Gehäuse-
wandflächen, welche die Lagerkräfte der wälzgelagerten
Rotorwelle aufnehmen.

DE 41 38 268 A 1

DE 41 38 268 A1

2

1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Elektromotor gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruchs.

Ein derartiger Motor ist aus der DE-PS 3 74 573 bekannt. Im Ruhezustand ist der Motor ständig mit Öl gefüllt, welches nach der Inbetriebnahme durch eine in die Pumpenwelle integrierte Fördereinrichtung aus dem Rotorraum abgesaugt und in den Statorraum gefördert wird. Während des Betriebes zirkuliert das Öl vom Statorraum durch die Pumpenwelle und zurück in den Statorraum. Infolge des während des Betriebes ölfrei bleibenden Rotorraumes wird eine Flüssigkeitsreibung innerhalb desselben vermieden. Gleichzeitig wird aufgrund der durchströmten Pumpenwelle dem Rotor Wärme entzogen und der Stator sowie Statorraum gekühlt.

Nachteilig bei dieser Lösung ist die in den Gleitlagern stattfindende Mischreibung beim Anlaufen der Maschine. Für einen Antrieb mit variabler Drehzahl, z. B. ein Frequenzumformer, ist diese Art der Lagerschmierung nicht geeignet, da die hydrodynamische Lagerwirkung nur bei hoher Drehzahl sicher wirkt. Bei niedriger Drehzahl würde das gezeigte Gleitlager zerstört werden. Weiterhin nachteilig ist die Ölfüllung des Rotorraumes, insbesondere im Spalt zwischen Rotor und Stator, weil dadurch beim Anlauf der Maschine ein hohes Beschleunigungsmoment notwendig ist. Die hohen Reibungskräfte der Ölfüllung können z. B. bei der Stern-Dreieck-Schaltung dazu führen, daß der Motor nicht über das Kippmoment hinaus hochläuft.

Die DE-PS 3 37 561 zeigt einen Spaltrohrmotor, bei dem der Rotor und der Stator jeweils eine separate Flüssigkeitskühlung aufweisen, um eine Flüssigkeitsreibung im Luftspalt zu verhindern. Entsprechend dem damaligen Stand der Isolationstechnik fand mit hoher Wahrscheinlichkeit nur eine übliche Ölkühlung Verwendung. Zur intensiven Wärmeabfuhr aus dem Statorraum wurden Nutrohre verwendet, die den Statorraum durchdringen, wobei innerhalb derselben die Wicklungen angeordnet waren. Das Kühlmedium konnte somit direkt durch die Wicklung hindurchgeleitet werden, um die Wärme vom Entstehungsort abzuführen. Die Nutrohre selbst sind in den Endscheiben abgedichtet, die das Statorblechpaket zusammenhalten. Die Verwendung von ölgefüllten Motoren wird aber aus ökologischen Gründen immer häufiger unterbunden. Desweiteren ist die vorbekannte Bauart wegen der großen Abstände zwischen Rotor und Stator, bezogen auf die Drehachse, bedingt durch die, die Kühlräume begrenzenden Spaltrohre, im Hinblick auf die elektrischen Werte äußerst nachteilig. Außerdem ist die Einspeisung des kühlenden Öles in die Rotorwelle sowie dessen Abtransport mit erheblichen Dichtungsproblemen behaftet.

Wiederum eine andere Lösung zeigt der flüssigkeitsgekühlte Stator der US-PS 24 97 650. Im Wicklungsraum sind zwischen Wicklung und Spaltrohr U-förmige Abschnitte angeordnet, durch die ein Kühlmedium hindurchgeleitet werden kann. Auch hier handelt es sich um eine ölgekühlte Maschine, die nach heutigen Bestimmungen aufgrund des umweltschädlichen Kühlmittels kaum noch Verwendung finden kann. Ebenso wie bei den anderen Lösungen besteht hier die Gefahr, daß durch den Druck im stationären, ölgekühlten Statorraum das Spaltrohr ausbeult und mit dem Rotor in Berührung kommt. Die Folge davon wäre eine Zerstörung der Maschine. Dies ließe sich nur durch ein sehr starkes

Spaltrohr mit großer Wandstärke verhindern, wodurch jedoch die elektrischen Werte so verschlechtert werden, daß der Motor nicht mehr konkurrenzfähig ist.

Durch die DE-PS 8 96 086 ist noch ein gasgekühlter Generator bekannt, bei dem Rotor- und Statorraum gasdicht ausgebildet sind. Der Rotorraum wird evakuiert, um die Reibungsverluste innerhalb desselben zu minimieren. Den Statorraum durchströmt ein nicht brennbares, unter Überdruck gehaltenes Gas zur Verbesserung der Kühlwirkung. Hierbei finden für den Statorraum zwei Kühlsysteme Verwendung, die zwei gegenläufige Kühlströme innerhalb des Statorraumes produzieren. Aber auch diese Lösung erfordert wiederum die Verwendung eines den Luftspalt vergrößernden Spaltrohres. Entweder muß Letzteres sehr dickwandig ausgebildet sein, um dem Überdruck zu widerstehen oder das Spaltrohr beult aus und kann so vom Rotor gestreift werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen universell einsetzbaren Elektromotor, vorzugsweise als Hochspannungsmotor ausgebildet, zu entwickeln, der für die unterschiedlichsten Einsatzfälle verwendbar ist. Die Lösung dieser Aufgabe erfolgt gemäß dem kennzeichnenden Teil des Hauptanspruchs. Vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes sind in den Unteransprüchen beschrieben. Die wesentlichen Vorteile, die mit dieser Lösung erreichbar sind, stellen sich wie folgt dar:

Durch die Ausbildung des Rotorraumes als ein ständig trockener Raum besteht die Möglichkeit, den Rotor in handelsüblichen Wälzlagern zu lagern. Dies reduziert den Wartungsaufwand und ermöglicht bei leichter Montage eine günstige Fertigung. Weiterhin kann der Motor z. B. mittels Frequenzumwandlung mit verschiedenen Drehzahlen betrieben werden. Aufgrund der Wälzlagerung ist dies, im Gegensatz zu Gleitlagern, problemlos möglich. Die Maßnahme, den Statorraum ständig unter Vordruck zu halten, vermeidet die Bildung von Luftblasen innerhalb des Statorraumes und der darin eingebrachten Wicklungen. Der Vordruck kann hierbei durch bekannte Maßnahmen erreicht werden. Sollte ungünstigstenfalls ein Funkenüberschlag zwischen zwei Wicklungsdrähten stattfinden, so würde der dabei entstehende Lichtbogen infolge des unter Vordruck stehenden Kühlwassers und der fehlenden Luft sofort ausgelöscht werden, ein wesentlicher Beitrag zur Erhöhung der inneren Betriebssicherheit also. Weiterhin bewirkt der Vordruck, daß bei evtl. Undichtigkeiten innerhalb des Kühlsystems Kühlwasser austreten und kein Medium aus der Maschinenumgebung, z. B. Luft, eindringen kann. Der Einsatz als explosionsgeschützter Motor ist in einfacher Weise erreichbar, da bereits alle vom Kühlwasser beaufschlagten Flächen druckfest ausgebildet sind. Die Verwendung eines unter Vordruck stehenden Kühlwassersystems erleichtert darüber hinaus die Motorüberwachung, denn Störungen des Motors äußern sich gegenüber dem Normalzustand in geänderten Druck- oder Temperaturverhältnissen. Dadurch wird eine direkte Einflußnahme auf den Motor ermöglicht, z. B. in Form von rechtzeitigem Abschalten, bevor größere Schäden entstehen; Vorwarnungen durch Alarmsignale bei weitergehendem Betrieb, Beeinflussung der Kühlleistung des Kühlsystems o. ä. vorbeugende Maßnahmen. Durch örtliche Überhitzung entstehender Druckanstieg wäre ebenso schnellstens registrierbar. Der Verzicht auf ein Spaltrohr zwischen Stator- und Rotorteil erlaubt die Herstellung optimaler elektrischer Verhältnisse zwischen diesen beiden Teilen. Die querwasserdichte Aus-

DE 41 38 268 A1

4

3

bildung des Stators verhindert, daß unter Druck stehendes Kühlwasser zwischen den einzelnen Statorblechen des Statorpaketes hindurch in den Rotorraum eindringen kann. Zu diesem Zweck sind die einzelnen Statorbleche durch Schweißen, Kleben, Lötten oder andere bekannte Maßnahmen an ihren Berührungsstellen gegeneinander abgedichtet. Die die Nutraume gegenüber dem Rotorraum abdichtenden Nutkeile verhindern einen Austritt des die Wicklungen durchströmenden Kühlwassers. Die querwasserdichte Ausbildung des Stators kann auch erreicht werden, indem in die Nutraume sogenannte Nutrohre hineingesteckt werden. Die Nutrohre können höchste Drücke aufnehmen, da sie sich im Ständerblechpaket direkt abstützen. Eventuelle Berührungen mit dem Rotor, wie bei Spaltrohren, sind somit ausgeschlossen. Das Kühlwassersystem weist im gesamten Bereich des Motors keine bewegliche Dichtung auf, so daß dessen Leckage ausgeschlossen wird.

Die Ausgestaltungen der Ansprüche 7 und 8 erlauben die Verwendung einer kurzen und biegesteifen Motorwelle, da die Wälzlager unmittelbar hinter dem Statorblechpaket angeordnet sein können und die Lagerkräfte auf kürzestem Wege in dem von den Wicklungsköpfen überdeckten Bereich des stationären Gehäuses eingeleitet werden. Auch übt der gekühlte Statorraum einen positiven Einfluß auf die Lagertemperatur aus. Da der Statorraum gegenüber dem Rotorraum als Wärmesenke wirkt, ist ein guter Wärmeabtransport vom Rotor möglich.

In den Ansprüchen 9 bis 11 sind weitere, das Kühlsystem betreffende Ausgestaltungen beschrieben. Für Anwendungsfälle, bei denen aufgrund der Betriebsverhältnisse mit Verschmutzungen der Motorgehäuse-Außenfläche zu rechnen ist, ist ein externer Wärmetauscher für das Motorkühlwasser anbringbar, denn auf dem Gehäuse ablagernde Verkrustungen o. ä. würden die Wärmeabstrahlung reduzieren. Je nach Einsatzbereich und Motorleistung kann das Kühlwasser durch Thermosyphonwirkung innerhalb des Statorgehäuses zirkulieren. Es ist aber auch möglich, eine externe Umwälzpumpe zur Kühlwasserförderung einzusetzen, wobei durchaus eine übliche Heizungsumwälzpumpe verwendbar ist. Das Druckhaltesystem bietet den Vorteil, daß bei kleinen Leckagen der Motor so lange weiterbetrieben werden kann, bis die Schadensbehebung mit vertretbarer Betriebsstörung behoben werden kann. Außerdem verhindert der Vordruck bei Leckagen das Eindringen von Luft in den Statorraum. Im Hinblick auf einen evtl. Wicklungsschluß verhindert dies die Ausbreitung eines Lichtbogens.

Zur sicheren Beherrschung des Vordruckes bei gleichzeitiger Lebensdauererhöhung können gemäß der Ansprüche 12 und 13 die Nutrohre im Bereich der Nutspalte verstärkt ausgebildet sein. Auch wird ein erhöhter elektrischer Widerstand zwischen den das Statorblechpaket zusammenhaltenden Endringen und den darin dichtend gelagerten Nutkeilen oder Nutrohren erreicht durch entsprechende konstruktive Maßnahmen, wie z. B. Oxidation der Metalloberfläche, Gummidichtung u. ä. Dadurch ergibt sich der Vorteil, daß die einzelnen Nutrohre oder Nutkeile durch die Endringe nicht elektrisch kurzgeschlossen werden und somit nur geringste Strömungsverluste entstehen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. Es zeigt die

Fig. 1 einen Elektromotor im Schnitt, die

Fig. 2 in größerer Darstellung einen Nutraum mit ein-

gelegtem Nutrohr und die

Fig. 3 in größerer Darstellung einen den Nutraum abdichtenden Nutkeil.

Der in der Fig. 1 gezeigte Elektromotor besteht aus einem Gehäuse (1), in dem ein Statorblechpaket (2) mit beidseitig begrenzenden Endringen (3) angeordnet ist. Die Unterteilung in Statorraum (4) und Rotorraum (5) bewirken Wälzlagerträger (6, 7), welche dichtend an den Endringen (3) und am Gehäuse (1) anliegen. Die Wälzlagerträger (6, 7) überdecken den Bereich der Wicklungsköpfe (8, 9) der Wicklung (10). Die Wandstärke der Wälzlagerträger (6, 7) und des Gehäuses (1) ist so gewählt, daß ein innerhalb des Statorraumes (4) bestehender Systemdruck beherrscht wird.

Aus dem wassergefüllten Statorraum (4) führt eine am Gehäuse (1) befestigte Leitung (11) heraus und mündet vorzugsweise im stirnseitigen Bereich des Wälzlagerträgers (6) wieder in den Statorraum (4). Zur Verbesserung der Kühlwirkung bzw. zur Steigerung der Kühlwasserzirkulation können Wärmetauscher (12) oder eine Umwälzpumpe (13) zusätzlich in die Leitung (11) eingebaut werden. Als Umwälzpumpe (13) kann ohne weiteres eine handelsübliche Heizungsumwälzpumpe verwendet werden.

Die im Bereich der Wicklungsköpfe (8, 9) befindlichen Wälzlagerträger (6, 7) nehmen die Kräfte der den Rotor (14) tragenden Welle (15) auf kürzestem Wege auf. Durch die so nah wie möglich am Rotor angeordneten Wälzlager kann eine sehr kurze und steife Welle Verwendung finden. Zudem ist das Volumen des Rotorraumes (5) minimiert, was wiederum Vorteile für eine Motorvariante in explosionsgeschützter Ausführung bietet. Am Rotor (14) seitlich angebrachte Lüfterflügel (16) dienen zur Umwälzung des im Rotorraum befindlichen Luftvolumens. Die Abwärme der Lager kann zum einen auf kürzestem Wege zur Wandung des gekühlten Statorraumes geleitet werden, zum anderen bildet der kühlere Statorraum eine Wärmesenke in Bezug auf den Rotorraum, so daß die dort produzierte Wärme ebenfalls abgeführt wird. An dem Wälzlagerträger (6) ist hier noch ein Druckwächter (17) befestigt, mit dessen Hilfe Druckschwankungen innerhalb des unter Druck stehenden Kühlsystems erfaßt und für Kontroll- und/oder Regelzwecke ausgewertet werden können. Dem gleichen Zweck dient hier mindestens ein am Wicklungskopf (8) angebrachter Temperaturfühler (18). Zweckmäßigerweise sind diese Elemente an geeigneter Stelle angebracht, um aussagekräftige und verwertbare Meßwerte zu erhalten. Je nach Größe der Maschine können ein oder mehrere dieser Druck- und/oder Temperaturüberwachungselemente eingesetzt werden.

Der Statorraum (4) sowie die die Wicklungen aufnehmenden Räume im Statorblechpaket (2) sind gegenüber dem Rotorraum (5) kühlwasserdicht ausgebildet. Im Ausführungsbeispiel übernehmen dies die Wälzlagerträger (6, 7) sowie die nachfolgend geschilderten Maßnahmen der Fig. 2 und 3. Um bei einer evtl. Undichtigkeit des Wasserkühlsystems für eine gewisse Zeit den Betrieb aufrechtzuerhalten, ist das Gehäuse (1) mit einem — hier verkleinert und symbolhaft dargestellten — Druckhaltesystem (19) versehen. Dieses speist Flüssigkeit nach und verhindert das evtl. Eindringen von Luft in den Motor. Wie die Ausbildung des Wälzlagerträgers (6) zeigt, ermöglicht die Anordnung des Wälzlagers im Bereich des Wicklungskopfes (8), daß auch die Kabeleinführung (20) in den vom Wicklungskopf (8) überdeckten Bereich angeordnet werden kann. Somit ist diese vor Beschädigungen geschützt und platzsparend angeordnet.

DE 41 38 268 A1

6

5

Die Fig. 2 zeigt in vergrößerter Darstellung einen Querschnitt durch einen Nutraum (21) des Statorblechpaketes. Jeder Nutraum (21) ist mit einem Nutrohr (22) flüssigkeitsdicht ausgekleidet. Somit bleibt das hindurchströmende, direkt kühlende Wasser und die hier nicht dargestellten Wicklungsdrähte vom luftgefüllten Rotorraum (5) getrennt. In Abhängigkeit von dem im Statorraum (4) herrschenden Systemdruck, der gleich dem Druck des Kühlsystems ist, können die Nutrohre (22) im Bereich der Nutspalte (23) zusätzlich mit Verstärkungsblechen (24) ausgestattet sein. Bei geringen Systemdrücken sind die Nutrohre (22) jeweils durch eine einzige Schweißnaht verschlossen.

In der Fig. 3 ist ein Nutraumausschnitt (21) gezeigt, der durch einen dichtenden Nutkeil (25) flüssigkeitsdicht verschlossen ist. In dem Nutspalt (23) liegt der elastische Dichtteil (26) nach erfolgter Montage dichtend an. Dazu wird in das Trägerteil (27) ein gegenüber dem Dichtteil weniger elastischer Spanndorn (28) hineingetrieben, wodurch eine Spreizung des Trägerteils (27) und die Anpressung des Dichtteils (26) stattfindet. Zusätzlich kann das Dichtteil (25) mit in Nutrichtung verlaufenden zusätzlichen Lamellen (29) ausgestattet sein. Diese liegen in entsprechend gestalteten Nuten des Statorblechpaketes (2) und verstärken die Dichtwirkung. Für die in Fig. 3 gezeigte konstruktive Lösung muß das Statorblechpaket selbst querwasserdicht ausgebildet sein. Die einzelnen Statorbleche liegen dichtend aneinander, so daß entlang der Spalte zwischen den einzelnen Blechen kein Kühlwasser vom Statorraum (4) in den Rotorraum (5) gelangen kann.

Patentansprüche

1. Elektromotor mit flüssigkeitsgefülltem Stator, einer Umwälzeinrichtung für die Flüssigkeit und einem während des Betriebes trocken ausgebildeten Rotorraum, dadurch gekennzeichnet, daß
 - der Statorraum (4) ständig mit unter einem Vordruck stehenden Kühlwasser gefüllt ist,
 - das Kühlwasser im Bereich des Statorblechpaketes (2) die Wicklungsräume (21) sowie die Wicklungen (10) direkt durchströmt,
 - alle kühlwasserbeaufschlagten Flächen druckfest gegenüber einem Systemdruck ausgebildet sind,
 - der Rotorraum (5) ständig trocken ausgebildet ist,
 - der Rotor (14) in Wälzlager gelagert ist.
2. Elektromotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungen (10) im Statorblechpaket (2) in an sich bekannten, in Endringen (3) dichtend anliegenden Nutrohren (22) angeordnet sind.
3. Elektromotor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die die Wicklungen aufnehmenden Nuträume (21) durch in den Statorzähnen und in beiderseits des Statorblechpaketes (2) angeordneten, magnetisch nicht leitenden Endringen (3) eingesetzte Nutkeile (25) gegenüber dem Rotorraum (5) druckdicht verschlossen sind und daß das Statorblechpaket (2) querwasserdicht ausgebildet ist.
4. Elektromotor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Nutkeile (25) als aus Dichtteil (26), Trägerteil (27) und Spanndorn (28) bestehende Verbundkonstruktion ausgebildet sind.
5. Elektromotor nach den Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Dichtteil (26) mit in

entsprechenden Statornut Schlitz eingreifenden, sich in Längsrichtung erstreckenden Dichtlamellen (29) versehen ist.

6. Elektromotor nach den Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlwasserkreislauf des Statorraumes (4) mit einer Druck- und/oder Temperaturüberwachungseinrichtung (17, 18) versehen ist.

7. Elektromotor nach den Ansprüchen 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die den Rotor (14) tragenden Wälzlager innerhalb des von den Wickelköpfen (8, 9) überdeckten Rotorbereiches abgestützt sind.

8. Elektromotor nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Wälzlagerträger (6, 7) des Rotors (14) die druckfeste Wandung für den Statorraum (4) im Bereich der Wickelköpfe (8, 9) bilden.

9. Elektromotor nach den Ansprüchen 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlsystem mit einem externen Wärmetauscher (12) versehen ist.

10. Elektromotor nach den Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine extern angeordnete Umwälzpumpe (13) das Kühlmedium im Statorraum (4) umwälzt.

11. Elektromotor nach den Ansprüchen 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlsystem mit einem Druckhaltesystem (19) versehen ist.

12. Elektromotor nach den Ansprüchen 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Wicklungen (10) im Stator (2) umhüllende Nutrohre (22) im Bereich der Nutspalte (23) verstärkt ausgebildet sind.

13. Elektromotor nach den Ansprüchen 1 bis 5 und 12, dadurch gekennzeichnet, daß ein erhöhter elektrischer Widerstand zwischen den Endringen (3) und den Nutrohren (22) oder den Nutkeilen (25) besteht.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leersseite -

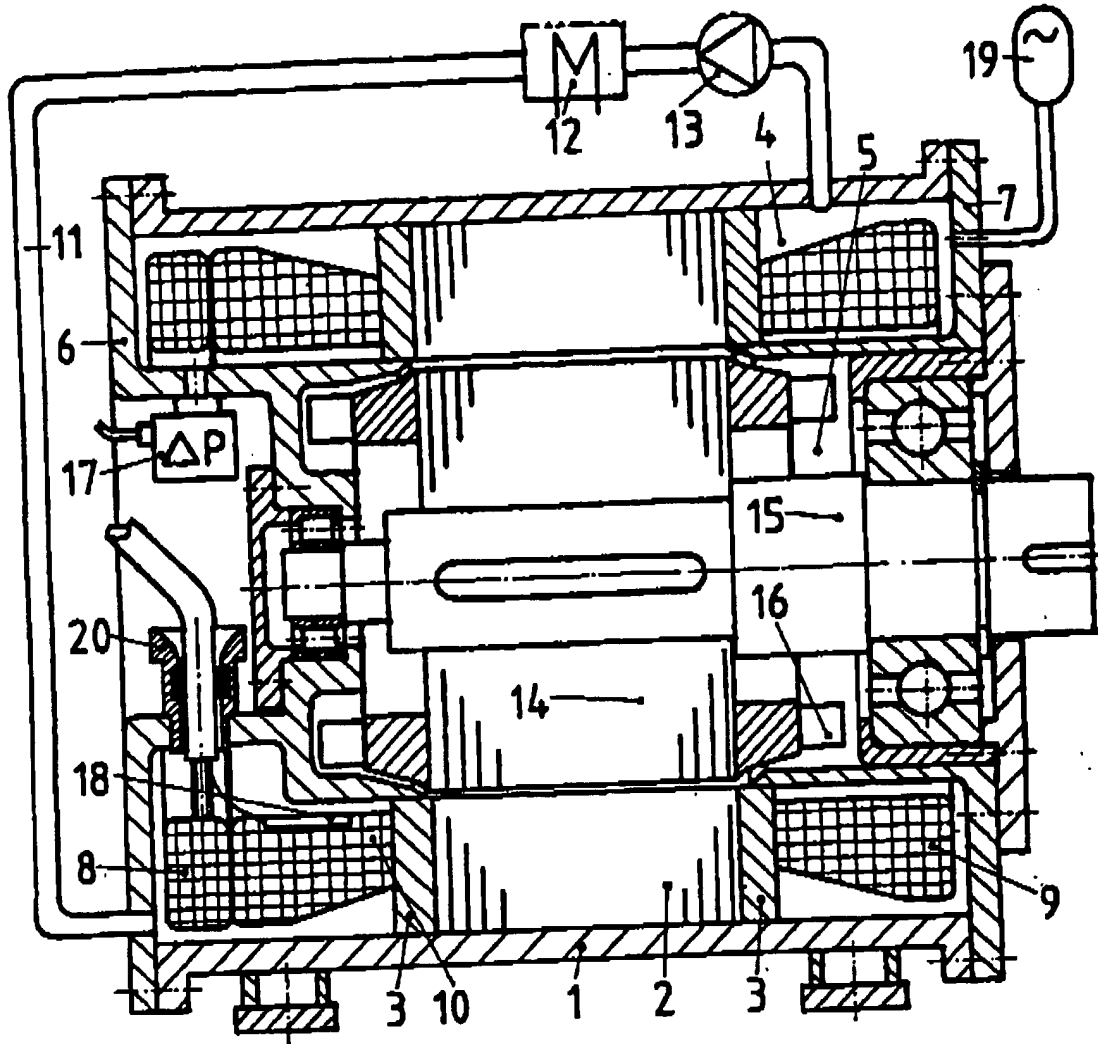


Fig3

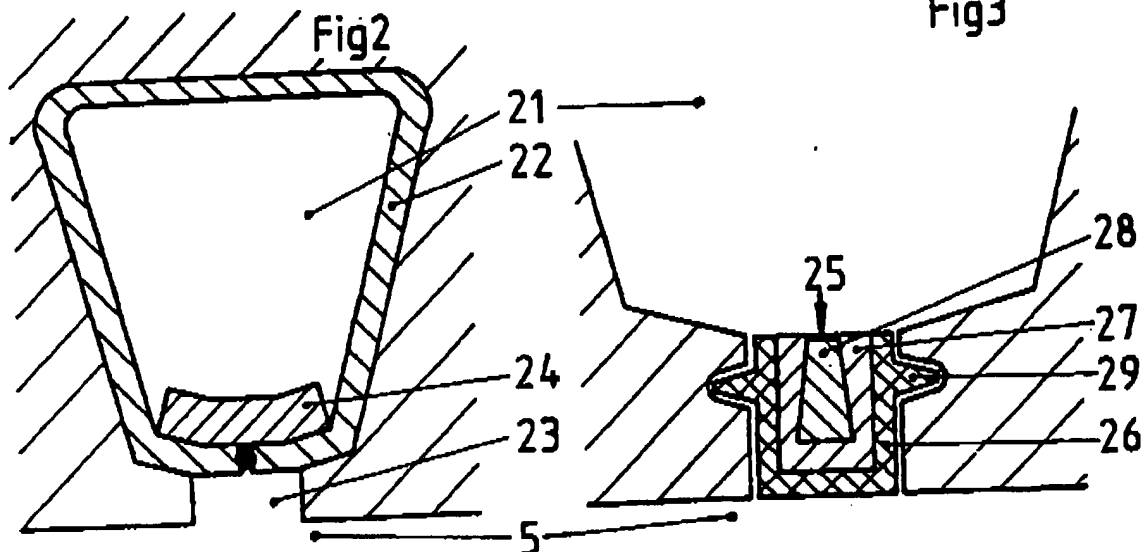


Fig2